

スイカ育種の現状と展望

株式会社 萩原農場生産研究所
技術開発部 嶋本 育泰



スイカの話。

小冊子「スイカの話 Vol.1」表紙
発行元 富研連盟全国協議会／株式会社 萩原農場

【日本の主要なウリ科作物・果菜類】

表. スイカ、キュウリ、メロン、カボチャの作付面積、収穫量、及び産出金額（平成26年）

	スイカ	キュウリ	メロン	カボチャ
作付面積 (ha)	10,800	11,100	7,300	16,200
収穫量 (t)	357,500	548,800	167,600	200,000
産出金額 (億円)	537	1,396	645	287

（農林水産省・作物統計）

 スイカも主要なウリ科作物のひとつ！

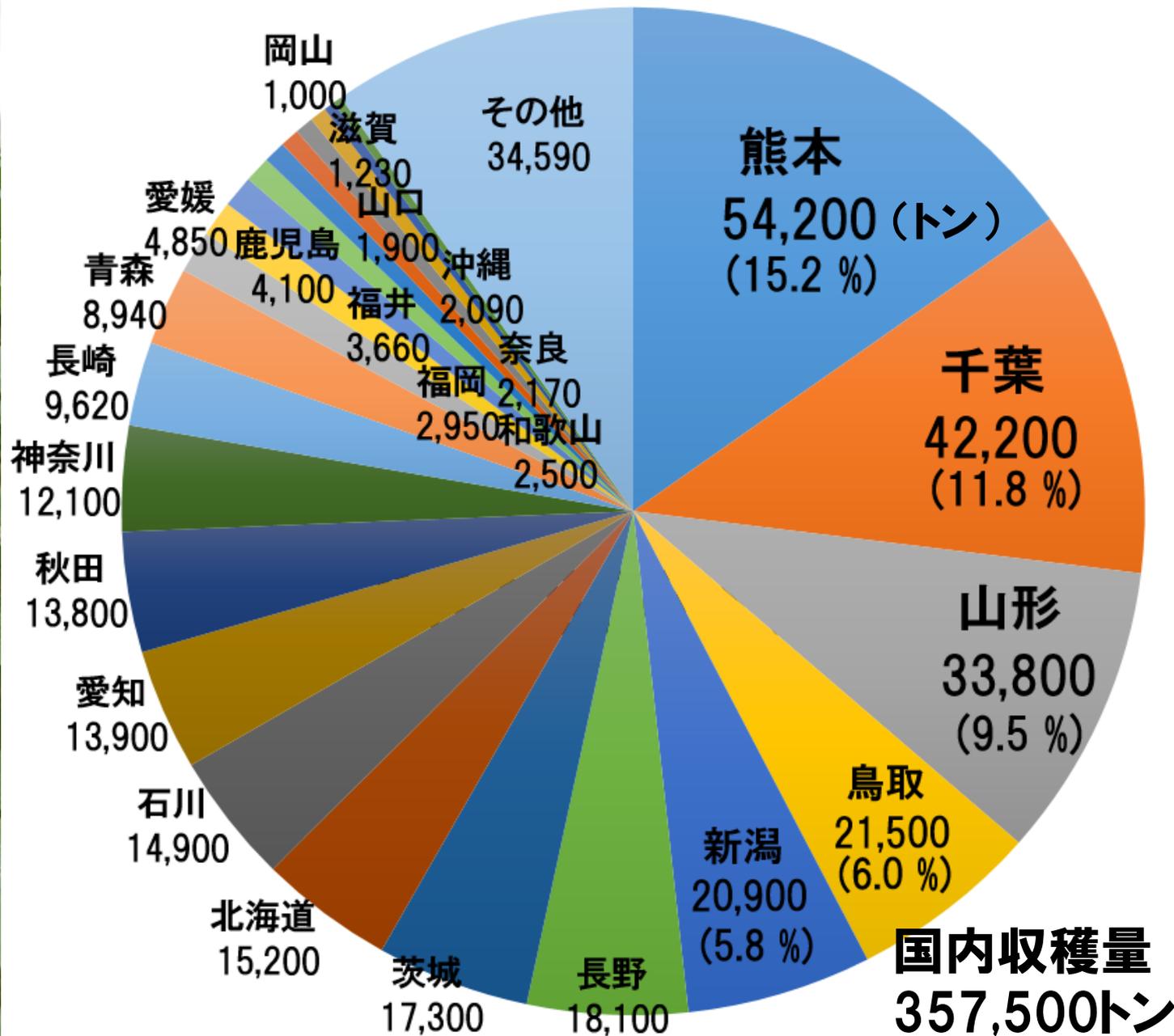


【日本の主要農産物の産出額（作物統計）】

表. 平成26年 主要農産物の産出額（50位）

		億円			億円
1位	米	14,370	26位	茶(生葉)	619
2位	生乳	6,979	27位	にんじん	572
3位	豚	6,412	28位	すいか	537
4位	肉用牛	6,017	29位	もやし	532
5位	鶏卵	5,113	30位	もも	505
6位	ブロイラー	3,261	31位	やまのいも	471
7位	トマト	2,182	32位	ピーマン	464
8位	いちご	1,617	33位	はくさい	457
9位	りんご	1,470	34位	葉たばこ	422
10位	きゅうり	1,396	35位	ブロッコリー	416
11位	みかん	1,394	36位	てんさい	414
12位	ねぎ	1,366	37位	かき	409
13位	ばれいしょ	1,140	38位	おうとう	404
14位	ぶどう	1,098	39位	さといも	398
15位	たまねぎ	1,070	40位	大豆	392
16位	乳牛	1,042	41位	えだまめ(未成熟)	360
17位	キャベツ	1,020	42位	軽種馬	338
18位	ほうれんそう	1,013	43位	荒茶	333
19位	だいこん	940	44位	スイートコーン	327
20位	かんしょ	938	45位	洋ラン(鉢)	312
21位	レタス	930	46位	ごぼう	311
22位	なす	847	47位	ひな(他都道府県販売)	297
23位	日本なし	788	48位	こまつな	292
24位	メロン	645	49位	かぼちゃ	287
25位	きく	632	50位	小麦	275

【都道府県別のスイカ収穫量 平成26年 作物統計】





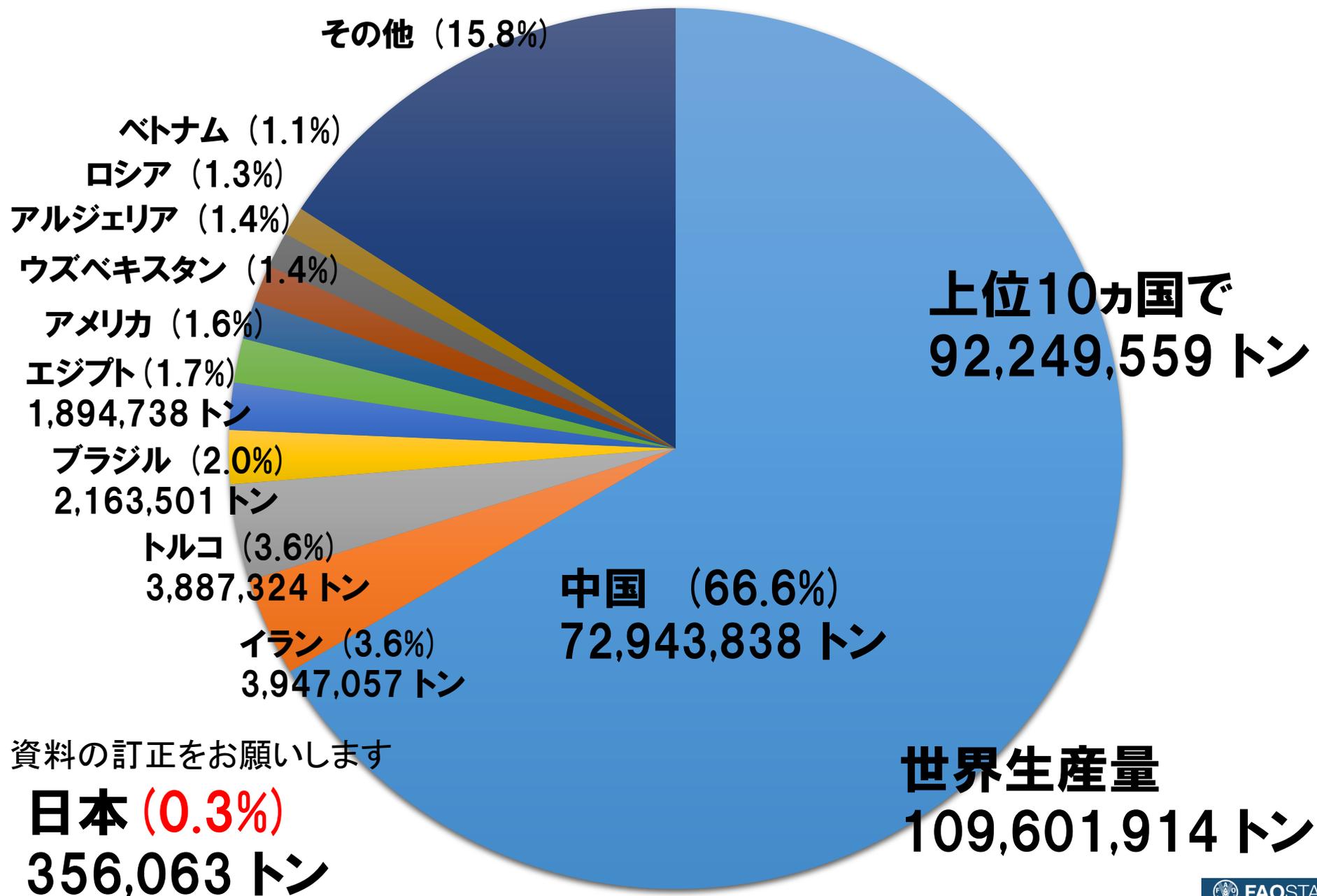
Top 50 Commodities 2013

Production (tonnes)



'Commodity'		'Production (tonnes)'	Flag	'Production (1000\$ Int)'	Flag
Sugar cane	Sugar cane	1,905,004,434.00	A	60,784,342.86	*
Maize	Maize	1,017,750,854.00	A	67,126,425.38	*
Rice, paddy	Rice, Paddy	738,089,040.00	A	190,576,416.11	*
Wheat	Wheat	711,407,394.00	A	85,942,102.55	*
Milk, whole fresh cow		638,175,895.00	A	198,338,449.28	*
Potatoes	Potatoes	374,806,639.00	A	49,460,870.90	*
Vegetables, fresh nes		280,640,040.00	A	47,565,545.39	*
Soybeans	Soybeans	278,092,981.00	A	69,476,638.75	*
Cassava	Cassava	263,439,862.00	A	27,212,109.63	*
Sugar beet	Sugar beet	247,382,251.00	A	10,099,341.89	*
Tomatoes	Tomatoes	164,492,970		59,884,397.37	*
Barley	Barley	143,600,051.00	A	5,324,316.51	*
Meat indigenous, pig		112,333,009.00	A	172,682,907.04	*
 Watermelons	Watermelons	109,601,914		11,490,609.97	*
Bananas	Bananas	107,401,205.00	A	29,740,293.40	*
Sweet potatoes	Sweet Potatoes	102,941,357.00	A	5,081,181.61	*

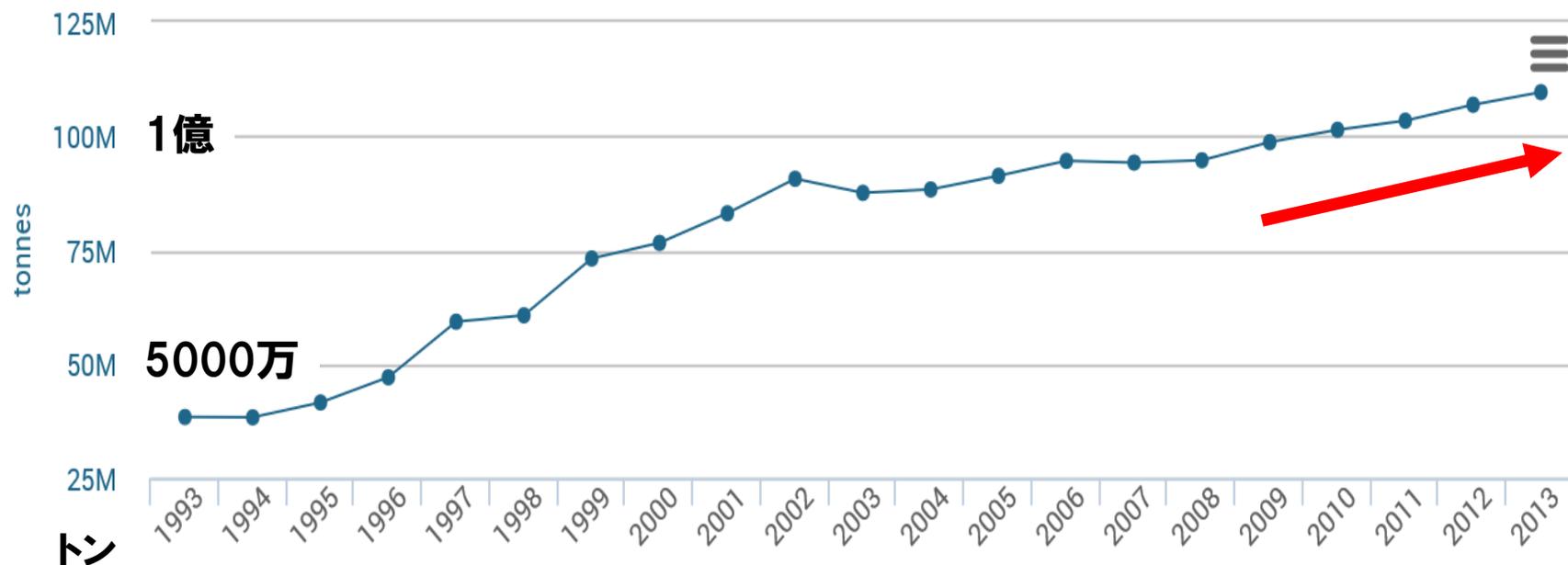
【世界のスイカ生産量 上位10カ国 (2013)】



【世界のスイカ生産量の推移（1993-2013）】

ITEM: Watermelons | AREA: World | FROM YEAR: 1993 | TO YEAR: 2013 | AGGREGATION: Average

Production of commodity in selected country 1993 - 2013



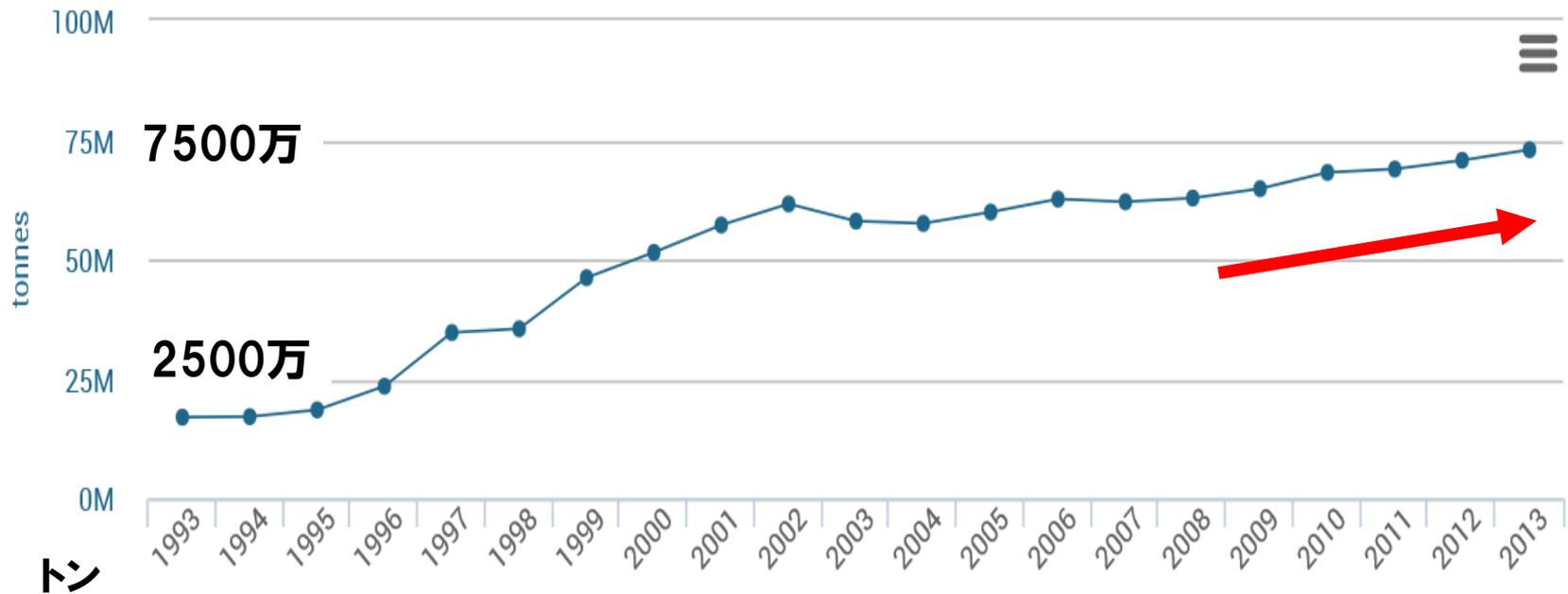
M = Million, k = Thousand

→ 約20年間で5000万トン以上の増加

【中国のスイカ生産量の推移（1993-2013）】

ITEM: Watermelons | AREA: China, mainland | FROM YEAR: 1993 | TO YEAR: 2013 | AGGREGATION: Average

Production of commodity in selected country 1993 - 2013



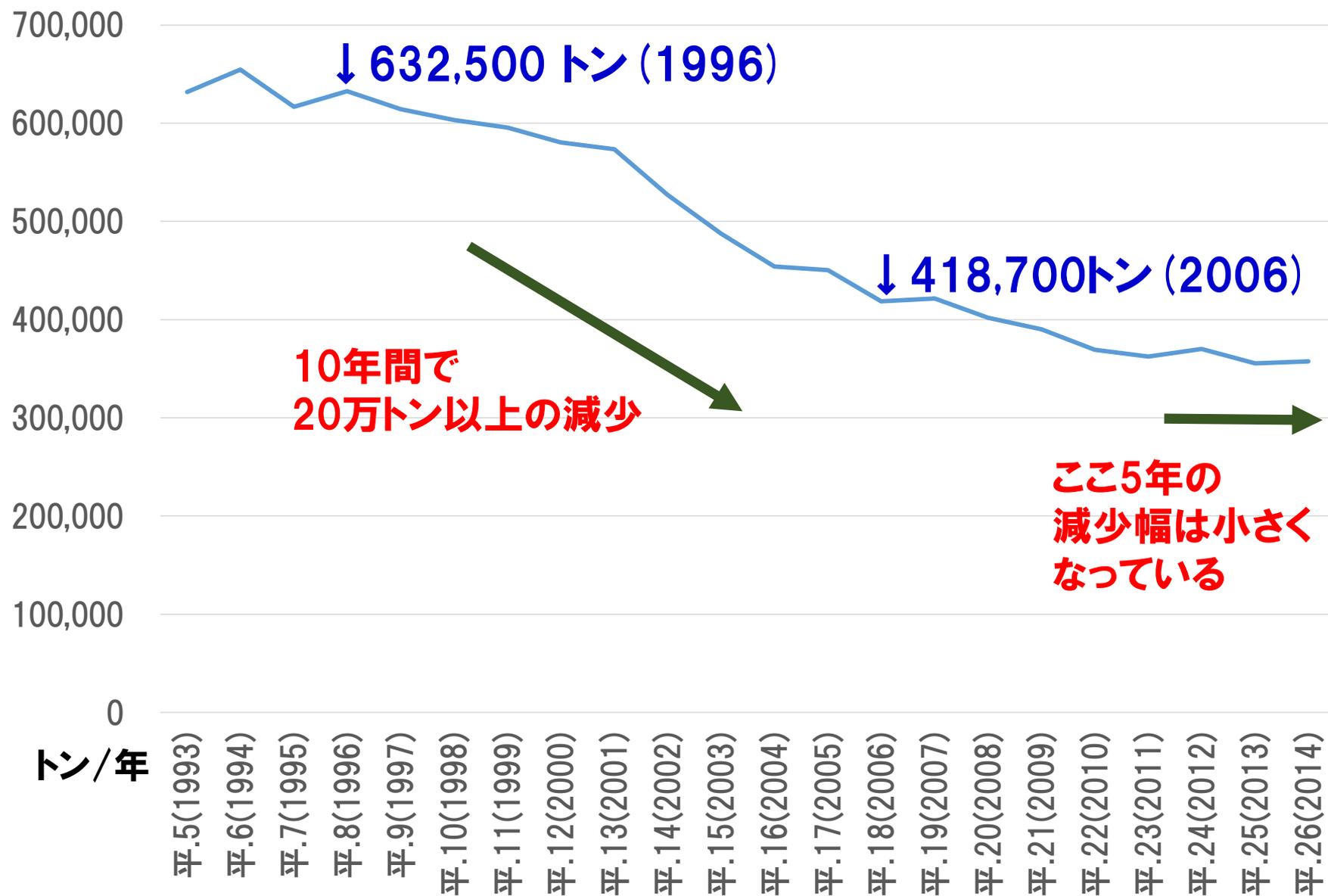
M = Million, k = Thousand

China, mainland



中国、約20年間で5000万トンの増加

【日本のスイカ収穫量の推移（1993-2014）作物統計】



【生産者・流通販売関係・消費者へ「スイカ🍉の存在感」を示す！】



スイカ倶楽部

<http://suika-club.com/>

富研連盟全国協議会 ▶ サイトマップ

スイカ倶楽部とは ABOUT CLUB	スイカとは ABOUT SUIKA	スイカアクション SUIKA ACTION	スイカニュース SUIKA NEWS	倶楽部プロジェクト SUIKA PROJECT	スイカデータベース SUIKA DATABASE	産地連携 FROM FARM
------------------------	----------------------	--------------------------	-----------------------	----------------------------	-----------------------------	-------------------



スイカ倶楽部
スイカを前にするとみんな、
思わず笑顔になってしまう。

スイカ大好きなみんなのための、世界初!? スイカ公式WEBサイト!



スイカ生産者たちから届く旬のスイカ情報!
聞け、産地から響くスイカの産声を!



海と日本プロジェクト「...
こんにちは、スイカ倶楽部で
す! スイカ倶楽部2016年の集
大...



給スイカステーション
海と日本プロジェクト
給スイカステーション

3. スイカ果実の機能性成分

美人は、 スイカでつくられる。

スイカの5大栄養素

シトルリン

スイカ特有のシトルリン
手足のむくみを改善。

リコピン

美肌を損なう
活性酸素をブロック。

ビタミンC

朝スイカ200gが、
健康と美容を維持。

β -カロテン

β -カロテンで
アンチエイジング。

カリウム

筋肉や神経を
健やかに整える。

Suika
Beauty

スイカビューティー

 スイカ倶楽部

詳しくは…

スイカの5大栄養素



シトルリン

スイカ特有のシトルリン
手足のむくみを改善。



リコピン

美肌を損なう
活性酸素をブロック。



ビタミンC

朝スイカ200gが、
健康と美容を維持。



β-カロテン

β-カロテンで
アンチエイジング。



カリウム

筋肉や神経を
健やかに整える。

✓ リコペン

生体保護分子としての効果
がん発症予防などに関する効果
心血管系疾患の予防などに関する効果

✓ シトルリン

血管を若返らせ、動脈硬化の予防、
冷え性改善、手足のむくみ改善、
新陳代謝改善、疲労回復効果などを期待



1日に必要なスイカの摂取量
200gは
約2切れ分!

100g 可食部あたり (μg)

	スイカ	トマト
リコペン	4,532	2,573
β-カロテン	303	449

USDA; National nutrient database

「スイカの話 vol.2」 監修: 農研機構 田中敬一 専門員
発行元: 富研連盟全国協議 / 株式会社 萩原農場

4. 最近の品種育成の動向

【大玉・小玉スイカ品種の育種の傾向】

✓ 大玉スイカ品種

促成栽培に必要な低温伸長性や低温時の着果安定性



温暖化対策、高温期の栽培後期のつる持ち性、盛夏期での安定した果実品質(在圃性、日持ち性)



夏のおもてなし

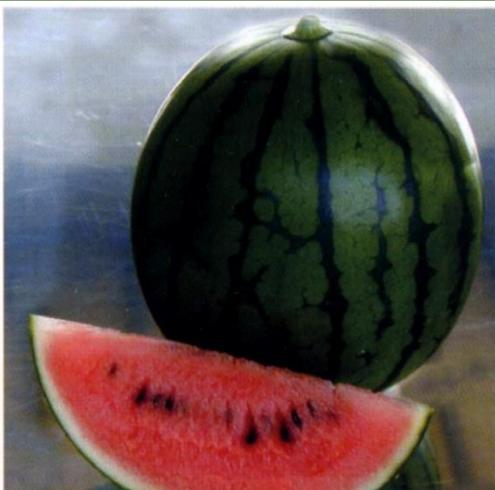
✓ 小玉スイカ品種

盛夏期での安定した果実品質、大玉スイカ並みの「シャリ感」を持った果肉品質



スウィートキッズ

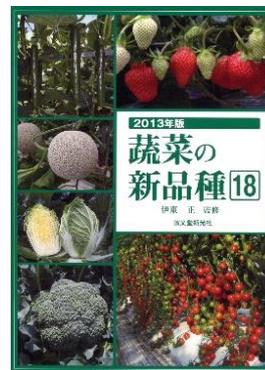
【多様な形質の品種育成が進む 蔬菜の新品種18】



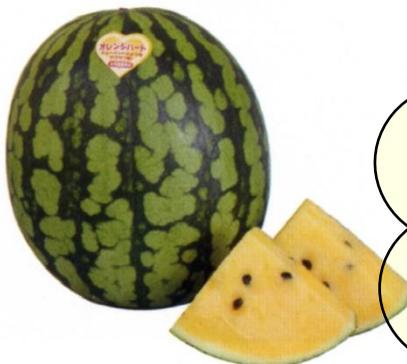
あきたシャリン娘（秋田県農業試験場）



クリムゾン 108（神田育種農場）



蔬菜の新品種18 (2013)
巻頭・品種紹介より



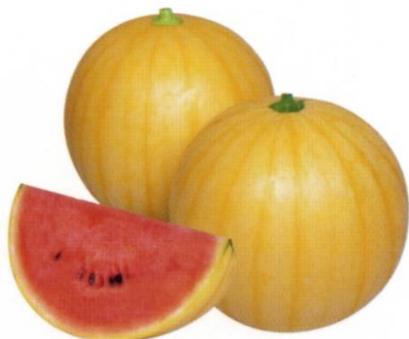
オレンジハート（大和農園）

多様な形質を持った品種の育成

- ・ 黒皮大玉 3品種
- ・ 黒皮小玉 4品種
- ・ 3倍体黒皮大玉 2品種
- ・ 黒皮黄肉小玉 2品種
- ・ 黄皮小玉 2品種
- ・ クリムゾン縞皮大玉 1品種
- ・ オレンジ色果肉



月娘（ナント種苗）



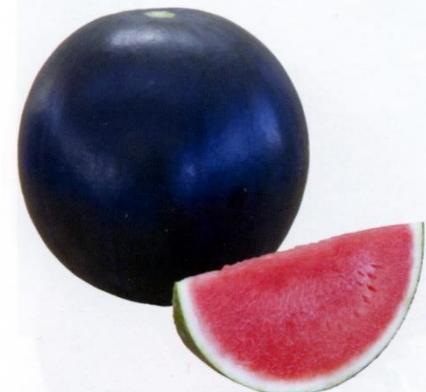
黄坊（丸種）

→ 蔬菜の新品種18 (2013) に採録された30品種のうち
19品種が多様な形質を持つ特徴のある品種であった

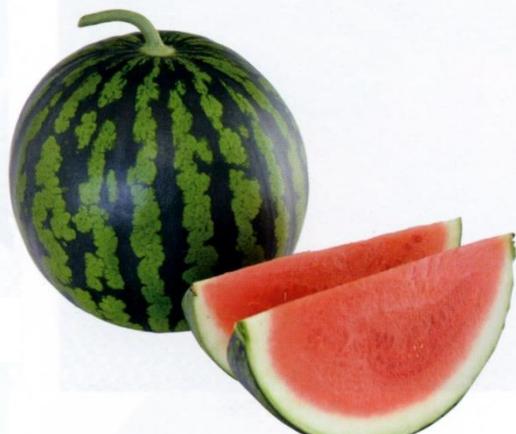
（一般的な縞皮大玉は6品種、縞皮小玉は5品種）

→ 地産地消型の直売所、ファーマーズマーケットに
出荷する生産者からの要望

【多様な形質の品種育成が進む 蔬菜の新品種19】



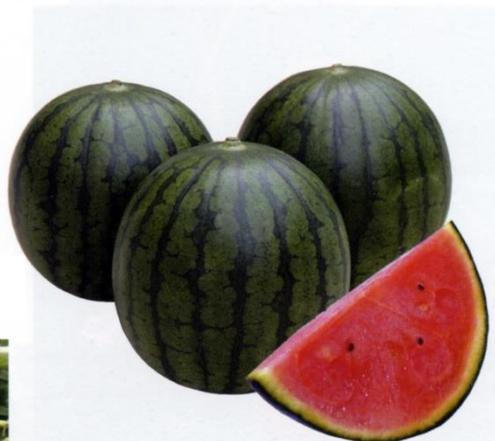
ひとつだねBear (萩原農場)



あきた夏丸アカオニ (秋田県農業試験場)



ひとつだねTiger (萩原農場)



こつぶっ娘 (ナント種苗)



祭ばやしRG (萩原農場)



蔬菜の新品種19 (2016)
p.3 品種紹介より

多様な形質を持った品種の育成

- 黒皮大玉 1品種
(資料の訂正をお願いします)
- 黒皮小玉 1品種
- 小粒種子小玉 1品種
- 3倍体(緑皮・黒皮) 4品種



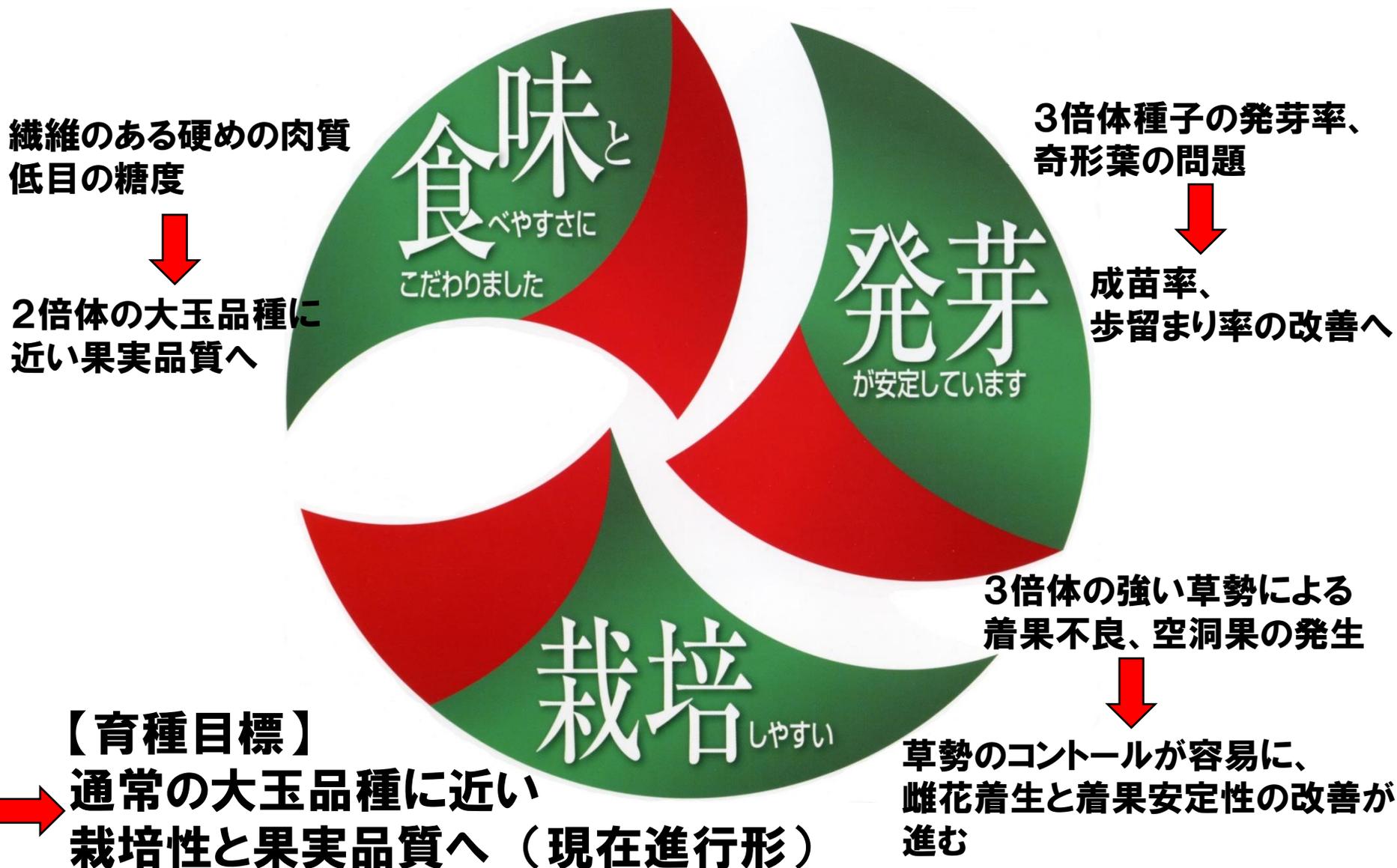
特に3倍体(種なしスイカ)の
果実品質の向上が進む



蔬菜の新品種19に採録された18品種のうち
7品種が多様な形質を持つ特徴のある品種であった
(一般的な縞皮大玉は8品種、縞皮小玉は3品種)

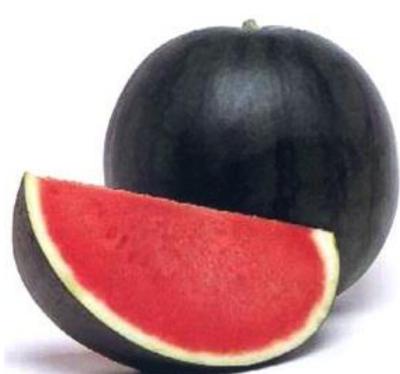
【特徴のある品種 3倍体スイカ(種なしスイカ)】

✓ 3倍体スイカ(種なしスイカ)の果実品質と栽培性の改善



【特徴のある品種 3倍体スイカ（種なしスイカ）】

- ✓ 全くタネが入らないという印象を与える「種なしスイカ」から3倍体スイカ、あるいはシードレス (seedless) スイカの呼称へ
- ✓ 品種名には「タネが少なくそのまま食べられるスイカ」をイメージする品種名が多い（？）
 - 3倍体スイカ「ガブリコ B」（タキイ種苗）
 - 3倍体シードレススイカ「3x ブラックジャック」（ナント種苗）
 - シードレススイカ「ほお晴れ」（丸種）
 - 3倍体大玉スイカ「たべほうだい赤王」（大和農園）
 - 三倍体スイカ「あきた夏丸アカオニ」（秋田県農業試験場）



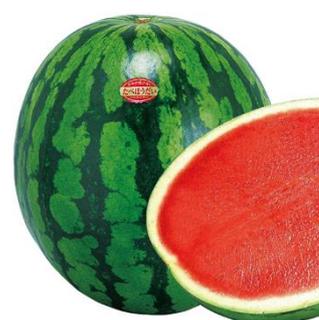
「ガブリコ B」



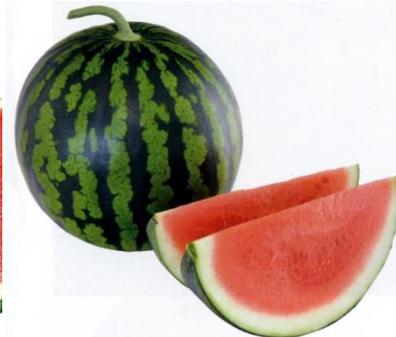
「3x ブラックジャック」



「ほお晴れ」



「たべほうだい赤王」



「あきた夏丸アカオニ」

【レアシード・スイカ ひとつだね】の宣伝

- ✓ (株)萩原農場では3倍体スイカを「レアシード・スイカ」と名付け、「ひとつだね」シリーズを育成、産地での普及を推進

ひとつだね



ギフトにも最適な
スイーツな逸品

- 糖度約13~14度と甘さにこだわった種なしスイカです。
- 3~4kgの比較的小玉でギフトにも最適です。

果実 3~4kg
糖度 13~14度

ひとつだね Bear



黒い果皮に
鮮やかで甘い果肉

- 黒い果皮がめずらしい種なしスイカです。
- 果実は糖度約13度と甘く、鮮やかな紅色です。

果実 7~8kg
糖度 13度



ひとつだね Tiger



大玉で種なしで、
そしてうまさで満足感

- スイカ本来のシャリ感が味わえる種なしスイカです。
- 甘さと旨さ、そして満足感のある大玉サイズです

果実 8~9kg
糖度 12~13度



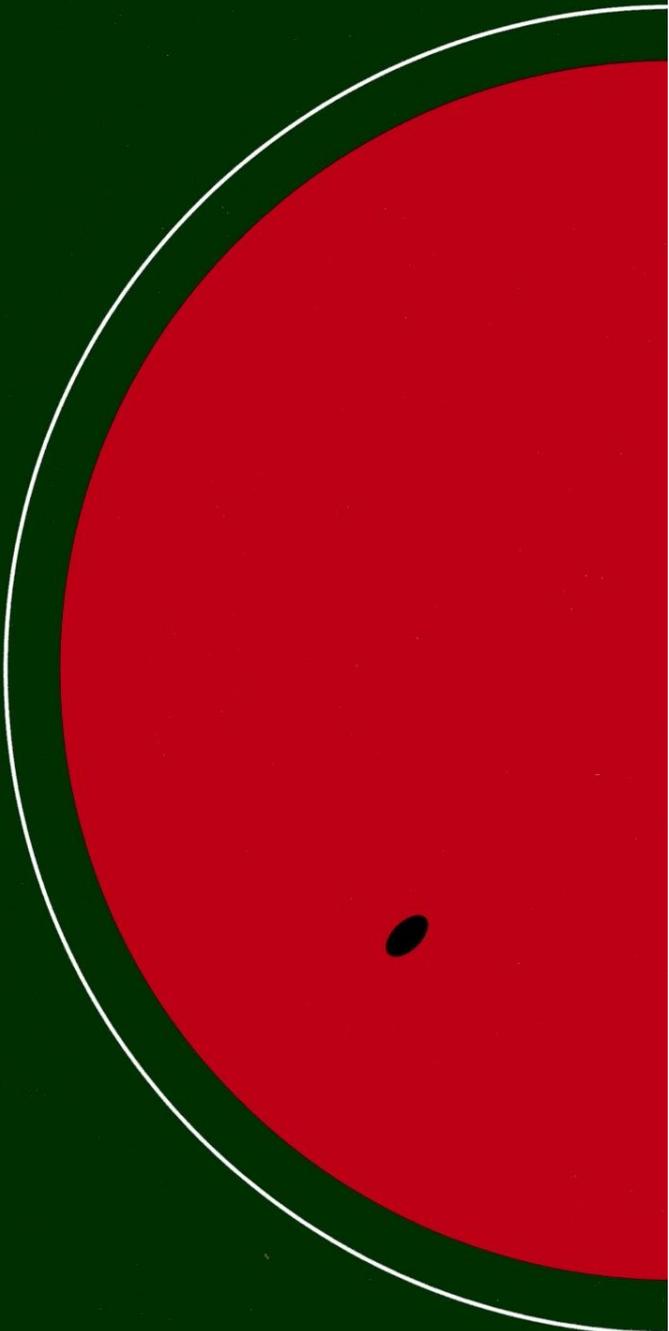
食べながら楽しめる

運

だめしスイカ

レアシード・ウォーターメロン

ひとつだね



【スイカ品種育成の今後の展望】

✓ 大玉スイカは業務加工用向けを前提とした品種育成

- 果肉肉質の改善
- 果肉色(色のバリエーション)
- 3倍体、より小さい種子、種子数の少ない形質
- 機能性成分(リコペン、シトルリン etc.)

✓ 店頭に並ぶプラスチックカップに入ったブロックカットスイカ



5. 奈良県における 「大和西瓜」とスイカ育種



兵庫県

京都府

津市

会場:アスト津

糸井神社

(株)萩原農場

直線距離 約70km

田原本町

大阪府

三重県

奈良県

奈良県ってどこ？



Google

【糸井神社・踊り太鼓絵馬 天保13年(1842)奉納】 (奈良県指定有形民俗文化財)



糸井神社 奈良県磯城郡川西町結崎

【切売りスイカの屋台】

果実の特性

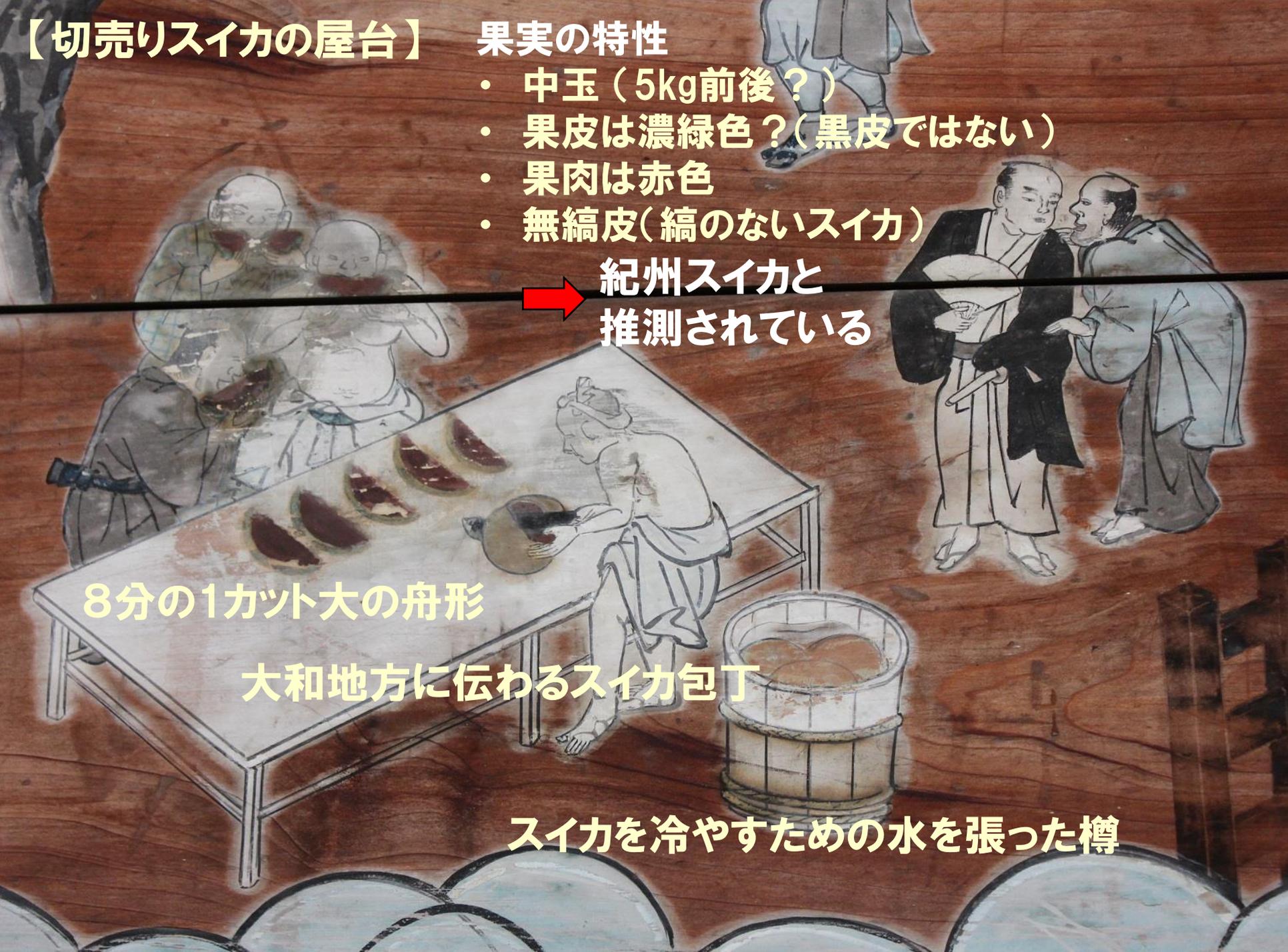
- 中玉（5kg前後？）
- 果皮は濃緑色？（黒皮ではない）
- 果肉は赤色
- 無縞皮（縞のないスイカ）

紀州スイカと
推測されている

8分の1カット大の舟形

大和地方に伝わるスイカ包丁

スイカを冷やすための水を張った樽



【大和西瓜の起源】



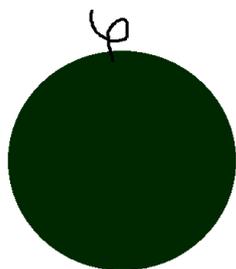
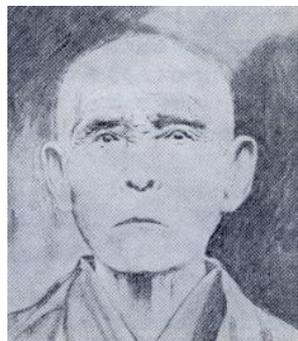
県内に広まる

大和西瓜への
遺伝素材的な影響は？



奈良盆地
(大和平野)

紀州スイカ
天保年間(1830-1843)
和歌山より奥村源四郎が持ち帰る



紀州スイカに代わって
県内に広まる

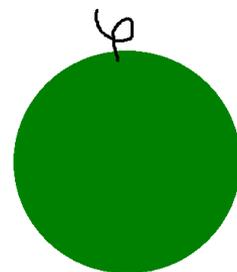
?

権次スイカ(黒皮スイカ)
慶応3年(1867)
愛知より巽権次郎が持ち帰る



アイスクリーム
明治34年(1901)
奈良県農事試験場が
カリフォルニア大学より導入

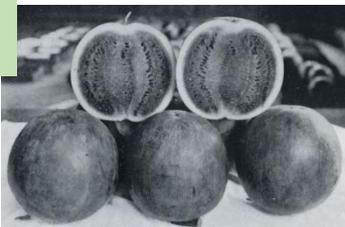
自然交雑
人為淘汰



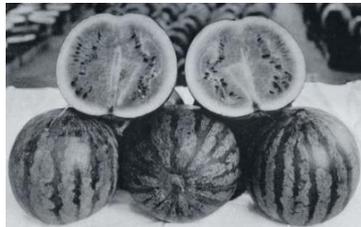
大和西瓜
(雑駁な集団)

【日本の大玉スイカ育種の歴史】

大和系



大和3号 (無縞皮)
大正15年 (1926)
奈良県農事試験場



甘露スイカ (縞皮)
大正初期 (1914?)
カリフォルニア州より
中嶋富太郎が持ち帰る

{大和固定系
×甘露スイカ}

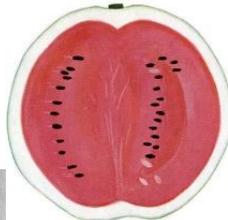


**固定系
都1号、2号、3号 (縞皮)**
昭和6年 (1931)
千葉県農事試験場

都系

西瓜品種改良事業
第一次育種計画
(1923~26)

第二次育種計画
(1926~)



新大和系



新大和1号 (縞皮)
昭和8年 (1933)
奈良県農事試験場



大和西瓜
雑駁な集団
(無縞皮)



新大和 (F₁) (縞皮)
昭和3年 (1928)
奈良県農事試験場
神田武・竹崎嘉徳

旭大和系



旭大和 (無縞皮)
昭和8年 (1933)
奈良県農事試験場



富研号 (F₁) (無縞皮)
昭和12年 (1937)
萩原善太郎

富士光 (F₁) (縞皮)
昭和55年 (1980)
(株) 萩原農場

富研系

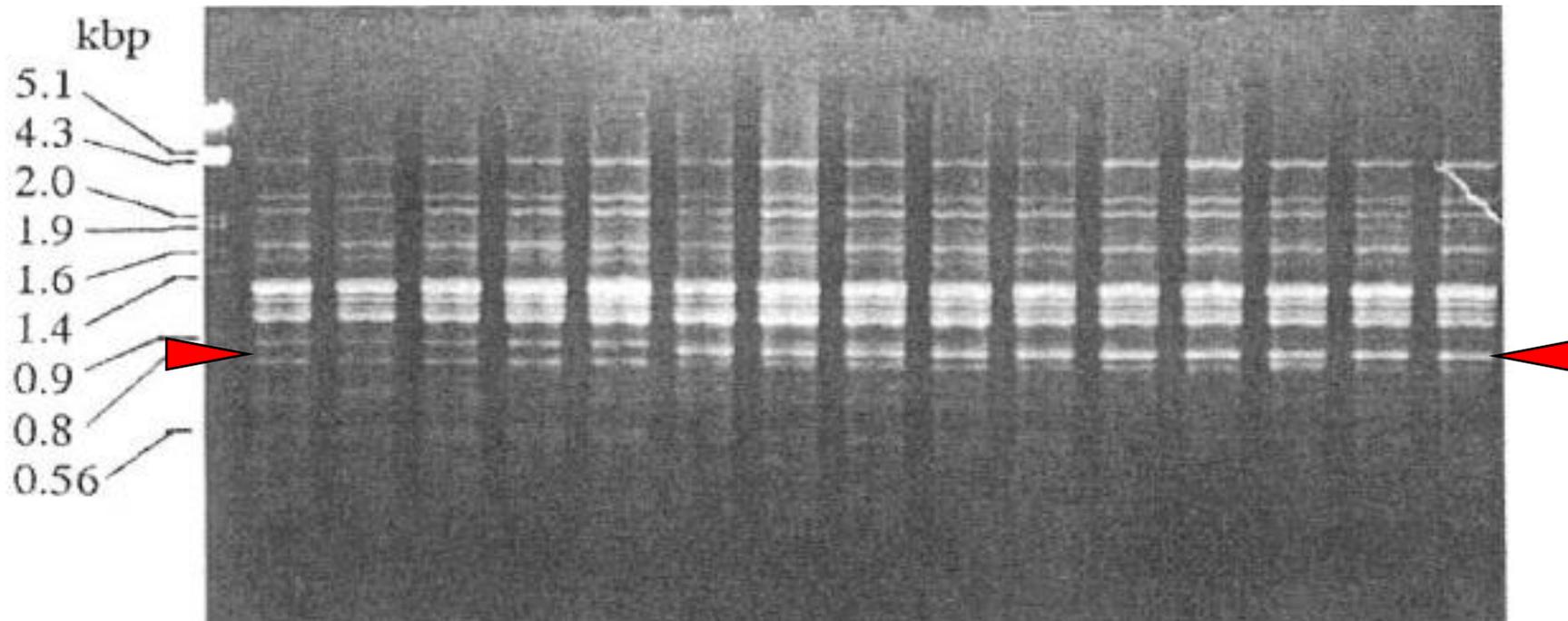


富民号 (無縞皮)
大正12年 (1923)
萩原善太郎

6. 弊社における DNAマーカー利用への取り組み

【スイカF₁種子純度検定】

M | 母親系統 (Ha) | 富士光 (F₁) | 父親系統 (Hb)

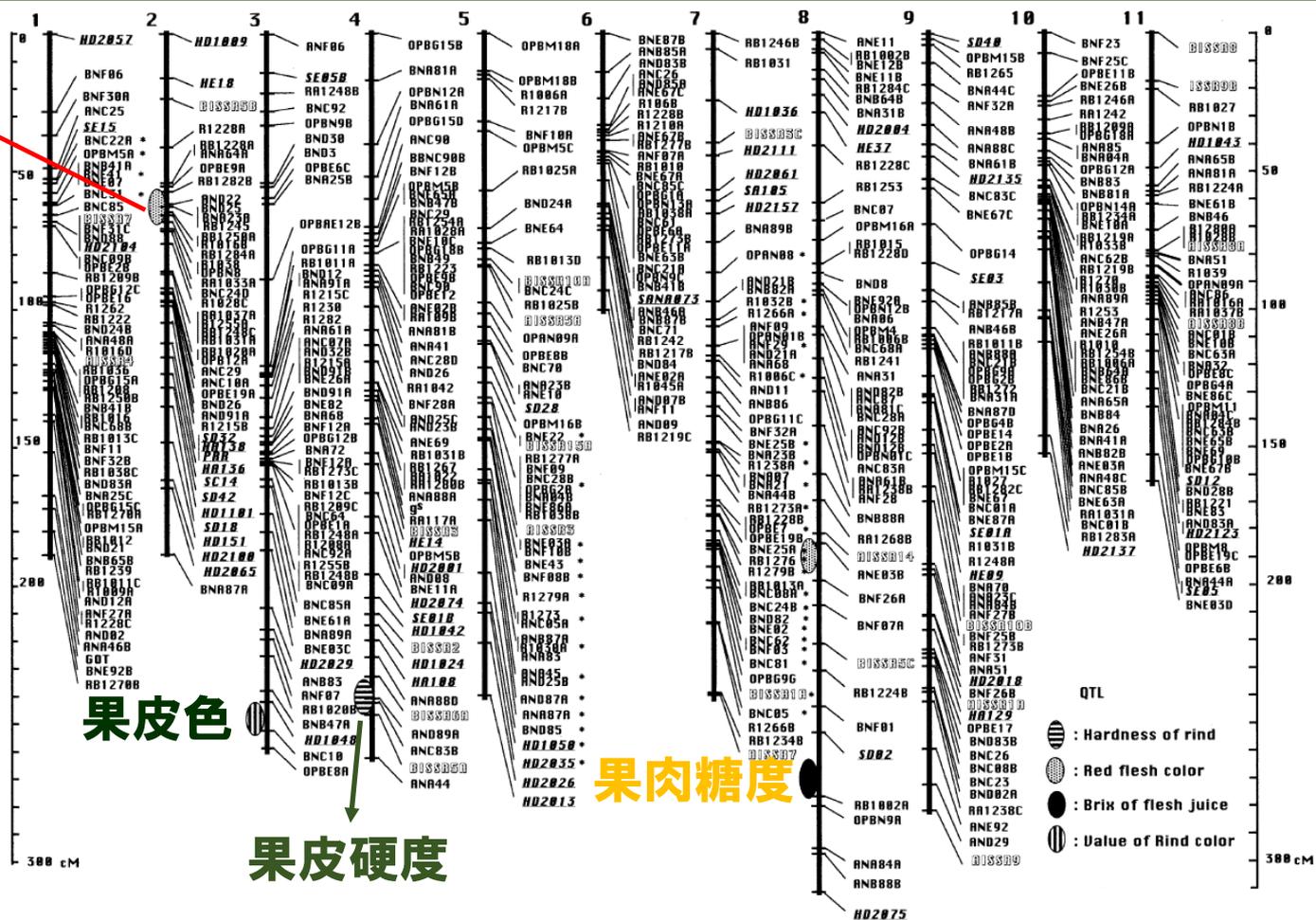


➡ 野菜茶業試験場との共同研究の成果により、平成4年からRAPD法によるF₁種子純度検定をスイカに初めて導入 (Hashizume *et al.*, 1993)

➡ 現在では、共優性マーカーであるSSRマーカー、InDelマーカーへ移行、弊社すべてのスイカF₁品種に対して純度検定を行っている

【スイカの遺伝連鎖地図の作成】

果肉色



果皮色

果皮硬度

果肉糖度

- QTL
- : Hardness of rind
 - : Red flesh color
 - : Brix of flesh juice
 - : Value of Rind color

{栽培スイカ (*Citrullus lanatus* var. *lanatus*) × 野生スイカ (*C. lanatus* var. *citroides*) }
 F₂集団を用い、554の分子マーカーが座乗し、スイカの染色体数 (n=11) と同じ数の
 11の連鎖群からなる全長 2,384 cMの連鎖地図を作成

QTL解析により果実形質(果肉色、果皮色、果皮硬度、果肉糖度)に関わるQTL領域を
 特定した (Hashizume *et al.*, 1996, 2003)

7. ゲノム情報を利用した スイカ育種への取り組み

【弊社におけるゲノム情報を利用したスイカ育種への取り組み】



スイカの可能性を未来に広げる

株式会社 萩原農場 は奈良県にある
スイカ・メロンを専門的に育種研究
し、種子を販売する小さな種苗会社

外部機関の
次世代シーケンシング
受託解析サービスを活用



- ・ スイカの栽培と表現型の評価
- ・ (栽培系統×栽培系統)F₂の連鎖地図の作成とQTL解析
- ・ 育種・種子生産現場での小規模なジェノタイピング
- ・ 公開論文情報の収集と活用

F₁種子純度検定
親系統の遺伝子型評価
固定度評価

- ・ 栽培系統や野生系統に対するリシーケンシングと情報処理・多型情報
- ・ SNP, SSRマーカーなどの開発 (栽培系統間で多型性のある)
- ・ 連鎖地図の作成のためのF₂分離集団に対する大規模なジェノタイピング (・ 育種系統の選抜ジェノタイピング)

表現型と連鎖した選抜マーカーの開発

効率的な新しい系統・品種育成



8. スイカ育種選抜における 有用形質と有用な選抜マーカー

【果肉色の選抜マーカー】

- ✓ Bangら (2007) はLycopene β -cyclase (LCYB) 遺伝子配列上の一塩基多型により、赤色とカナリア黄色の果肉の識別可能なCAPSマーカーを報告
- ✓ 栽培スイカの果肉色の赤色 (*c*) はカナリア黄色 (*C*) に対して劣性を示し、その表現型に対する原因遺伝子はLCYB遺伝子であるとした

Mol Breeding (2007) 20:63–72
DOI 10.1007/s11032-006-9076-4

Development of a codominant CAPS marker for allelic selection between canary yellow and red watermelon based on SNP in lycopene β -cyclase (*LCYB*) gene

Haejeon Bang · Sunggil Kim · Daniel Leskovar · Stephen King

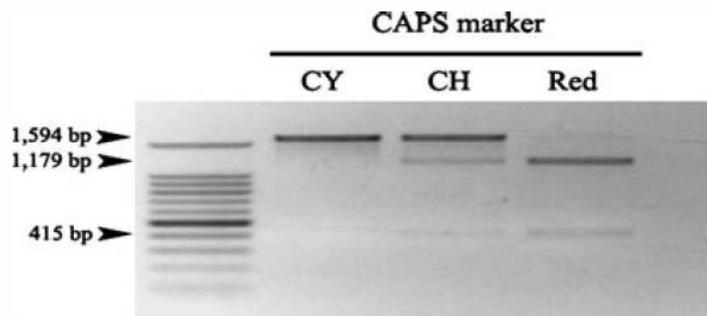


Fig. 5 Development of CAPS marker based on SNP Phe226 of the *LCYB* gene of canary yellow and red watermelon. The red allele of *LCYB* has *Bsa*HI restriction site. CY, homozygous canary yellow; CH, heterozygous canary yellow

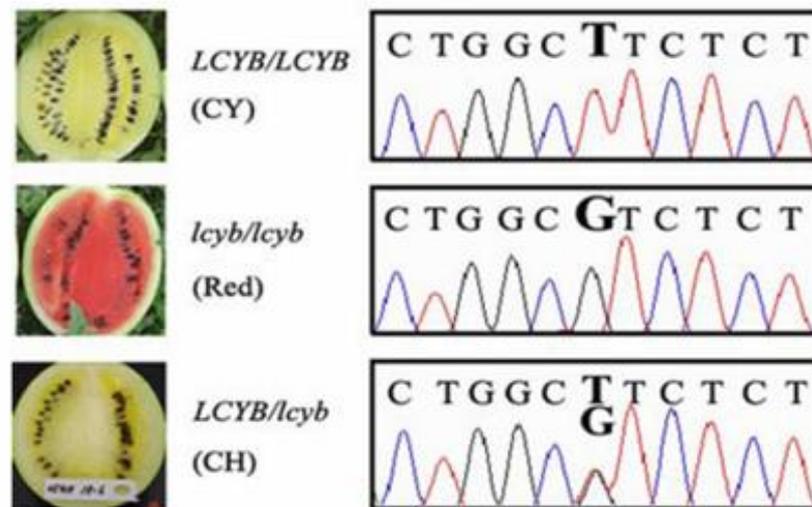
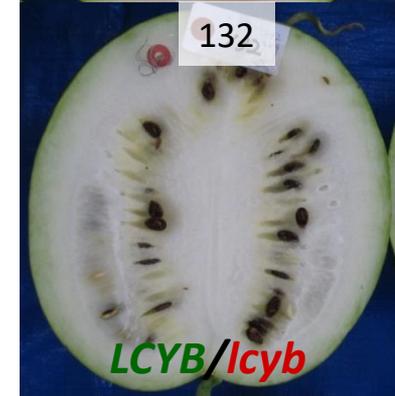
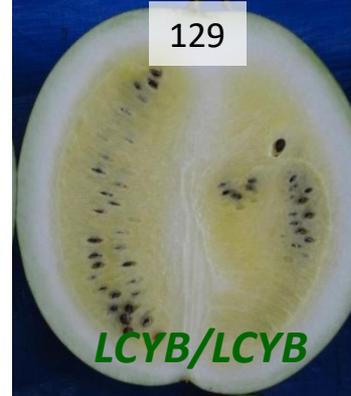
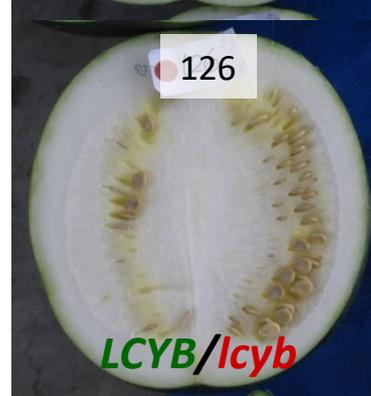
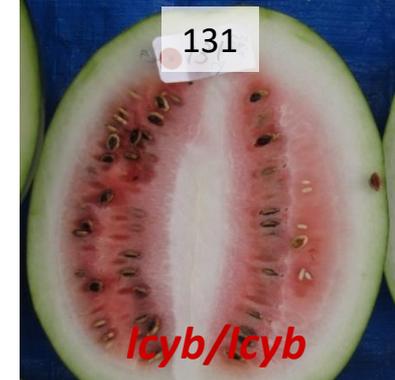
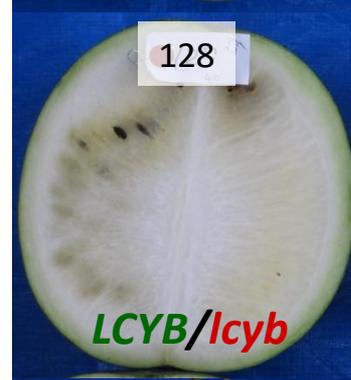
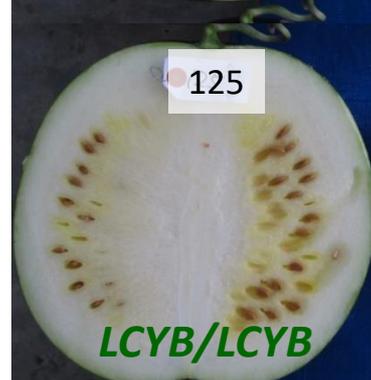
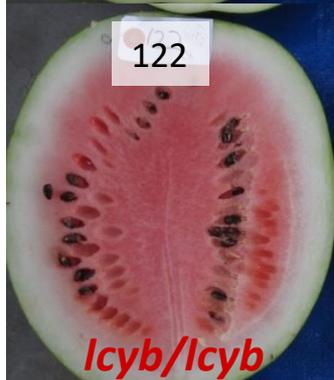
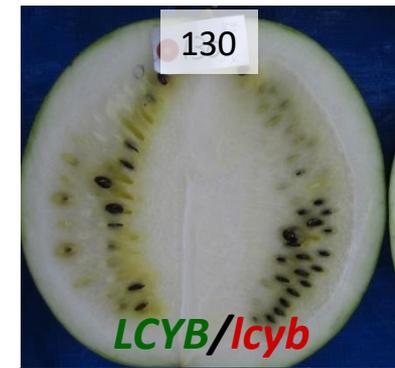
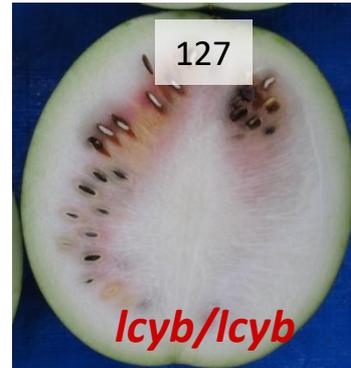
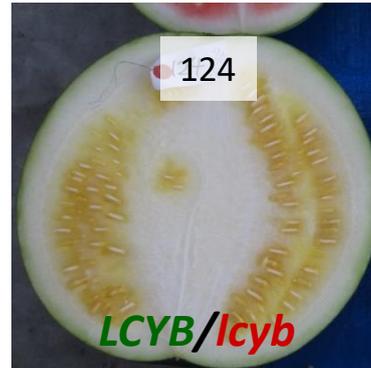
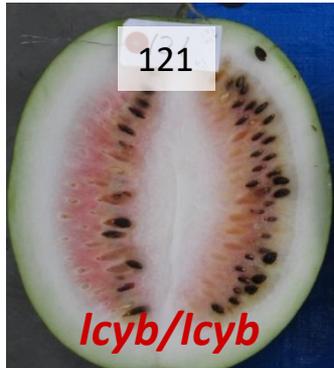


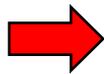
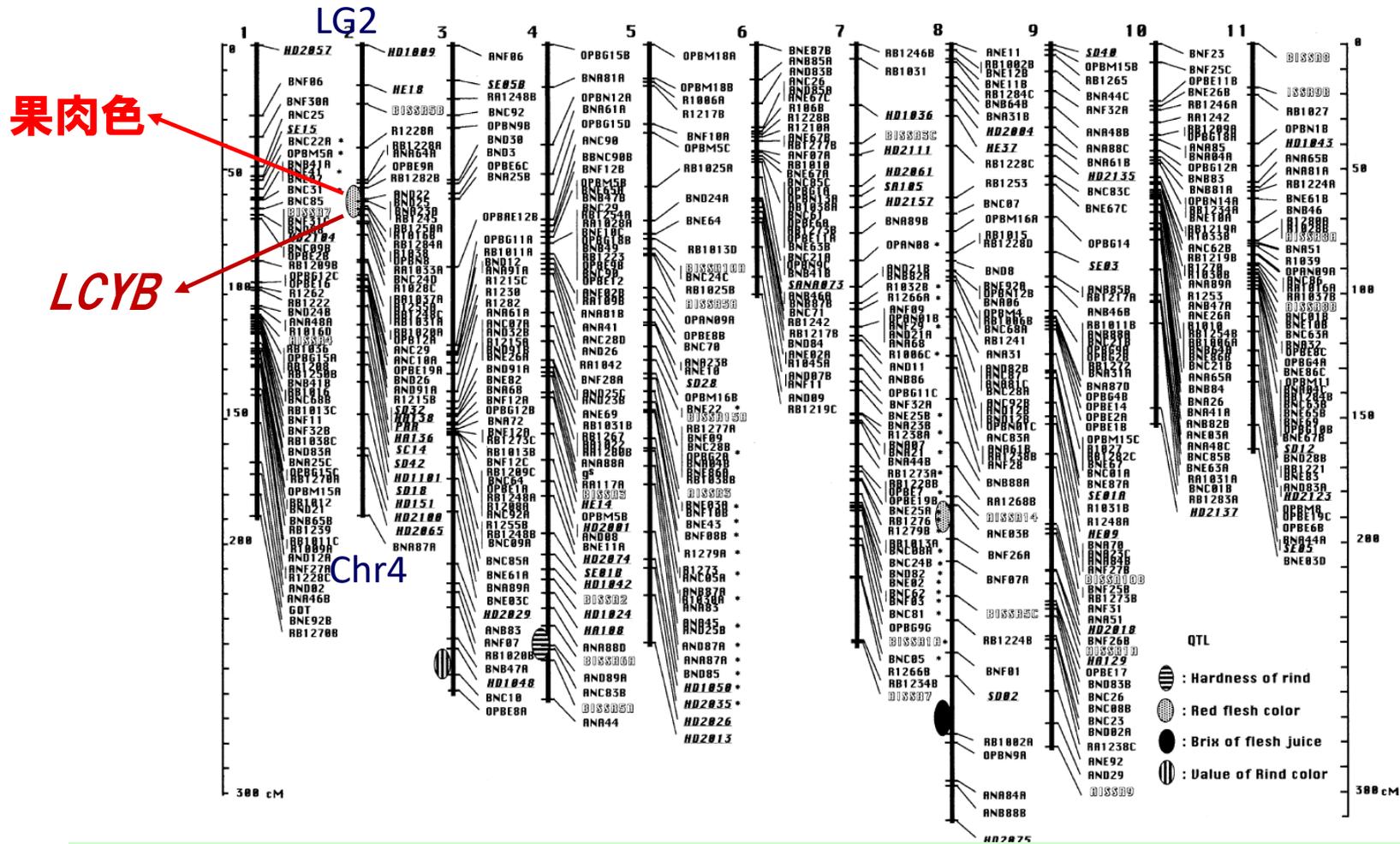
Fig. 2 SNP Phe226 marker from *LCYB* gene was identified in our segregating population and utilized for genotyping of *LCYB* alleles. It is positioned at 676th nucleotide from the putative transcription start site. Heterozygous individuals can be identified using a SNP marker, where both chromatographic peaks are present at the polymorphic sequence region. CY, homozygous canary yellow; CH, heterozygous canary yellow

【(栽培系統×野生系統)F₂分離集団に対するジェノタイプング】

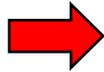
- ✓ 栽培系統に野生系統の有用形質を導入する際、選抜の初期段階で、野生系統由来のLCYB型のアレルの排除に有効である



【スイカの連鎖地図上の果肉色のQTLとLCYB遺伝子座】

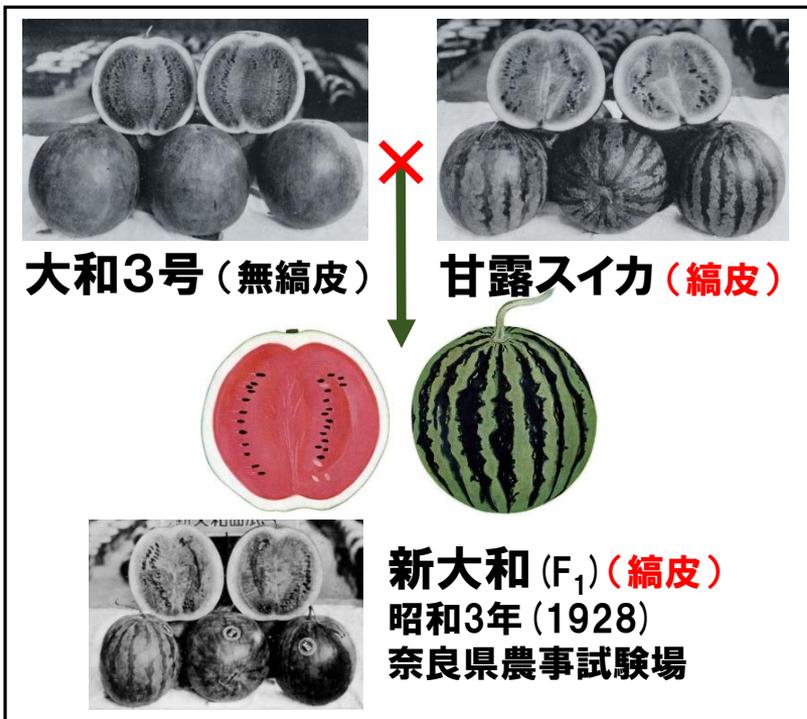


LCYB遺伝子はICuGIのCuGenDB; Watermelon Genome (97103) Ver.1において、GeneID Cla005011、物理的位置情報 Chr4:8,886,138...8,887,652と得られた



他のマーカーの物理的位置情報からもLG2は4番染色体に相当し、LCYBマーカーによるタイピングの結果、Hashizumeら(2003)が作成した連鎖地図上にある果肉色に関するQTL領域はLCYB遺伝子の影響であると推察した

【縞皮形質の選抜マーカー】



- ✓ 「甘露スイカ」は縞皮形質という育種素材としても日本のスイカ育種に大きなインパクトを与えた
- ✓ 縞皮形質 (g^s) は無縞皮形質 (g) に対して単一優性を示す (Poole, 1944)
- ✓ ヘテロ型の縞皮形質の場合、肉眼での観察による評価は困難、マーカー選抜が有効である！

- ✓ Kimら (2015) は縞皮形質に連鎖する近傍マーカーの開発を報告

しかし、彼らが保有する100の育種系統へのジェノタイピングでは、縞皮形質を示す36系統のうち、34系統が縞皮形質側の遺伝子型をホモ型に、残りの64系統 (無縞皮とCrimson sweetタイプの縞皮) は無縞皮側の遺伝子型のホモ型であった



クリムゾン縞

➡ 形質との遺伝的距離「0 cM」の選抜マーカーではない

【縞皮形質の選抜マーカーの開発】（未発表）

✓（縞皮の親系統×無縞皮の親系統）F₂分離集団 124個体



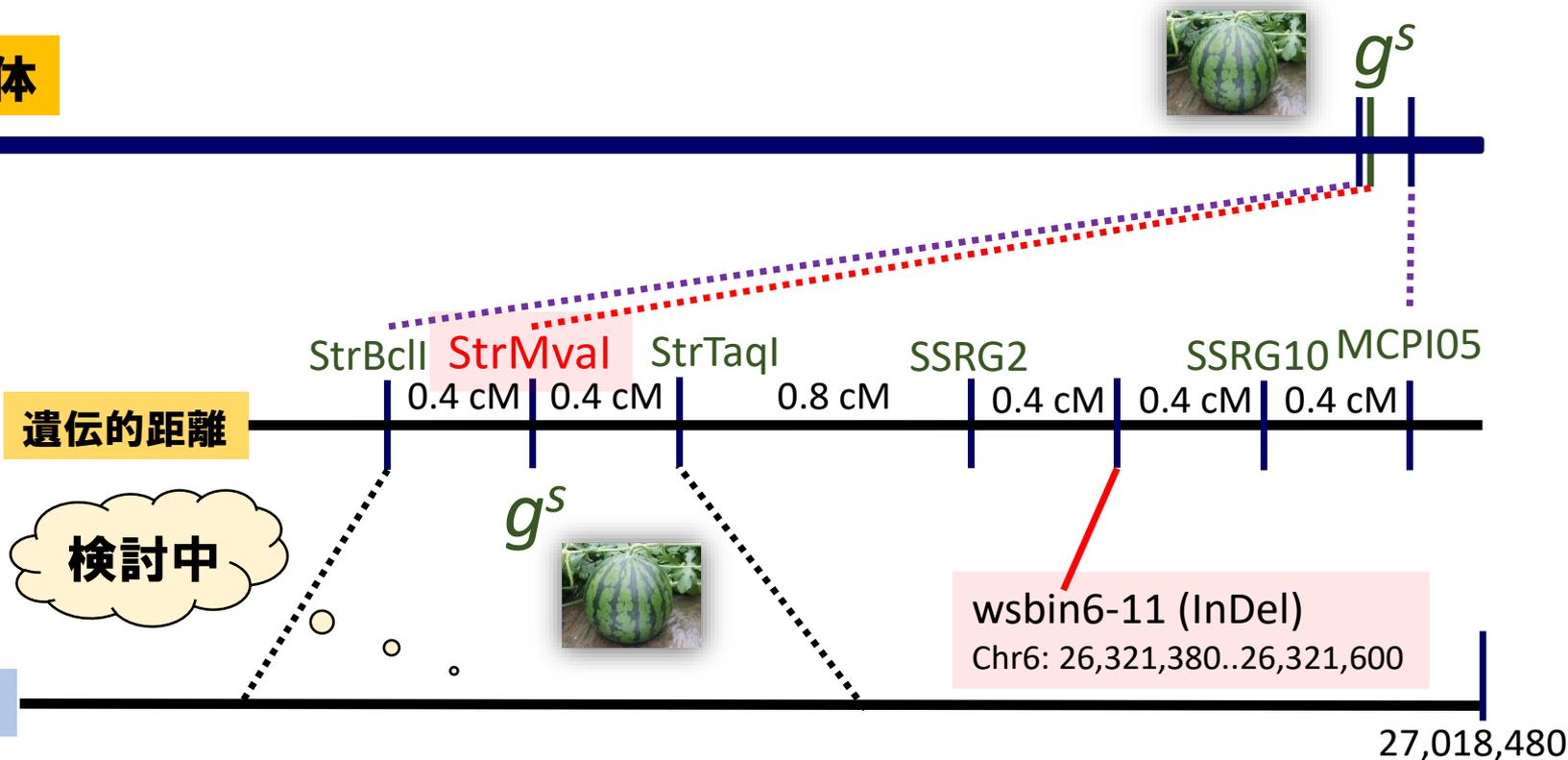
➡ 縞皮：無縞皮 = 90：34

➡ 外部機関による両親系統のリシーケンシングとその多型情報をもとにしたマーカーにより、F₂分離集団のジェノタイピングし、連鎖地図を作成

➡ 配列の物理的な位置情報と多型情報に基づいたCAPSマーカーにより候補領域の絞り込み、縞皮形質と0 cMに連鎖するマーカーを得た

【縞皮形質のファインマッピングの試み】（未発表）

第6染色体



→ Kimら (2015) が報告したマーカー wsbin6-11は縞皮形質 (g^s) と1.6cM離れた遺伝的距離にあることを確認した

→ 弊社で開発したCAPSマーカー StrMvalを用いて、弊社保有の48の大玉・小玉スイカの親系統(縞皮36系統、無縞皮12系統)、及び60の自社・他社の大玉・小玉のF₁品種(すべて縞皮)に対しジェノタイピングを行ったところ、すべての系統・品種において縞皮・無縞皮形質の識別が可能であった

【9. おわりに】

「日本におけるスイカ需要は減少の状況にある」

スイカ産地と流通・販売現場からの要望により、従来の縞皮の大玉・小玉品種に加え、遺伝的にも多様性のある特徴を持った品種が多く育成されている。

今回、一部紹介したゲノム情報を用いたマーカー選抜法と経験豊富な従来の育種法を組み合わせることにより、今後も日本の嗜好にあったより特徴のあるスイカ品種の開発が可能であると考えている。

魅力ある品種が全国のスイカ産地での「儲かるスイカづくり」と農業の活性化、そして日本の「西瓜を食する文化」を守り、豊かにする一端を担うことを願ってやみません。

